

BAB III

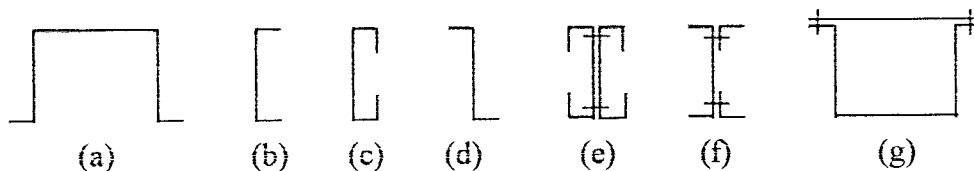
LANDASAN TEORI

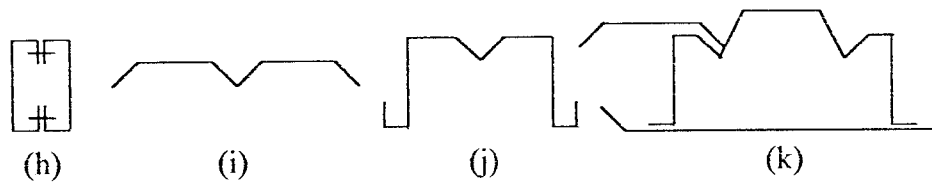
Sebagai dasar teori dalam penelitian ini, akan dijelaskan mengenai elemen-elemen bentukan dingin, kolom tersusun, kuat tekan, pengaruh gaya lintang terhadap beban kritis kolom tersusun, momen dan kelengkungan dan hipotesa.

3.1 Elemen – elemen Bentukan Dingin

Tall (1974) mengemukakan, bahwa elemen bentukan dingin yaitu, elemen yang dibentuk dalam keadaan sudah dingin tidak dalam keadaan panas seperti yang dilakukan dalam pembentukan profil gilas. Proses pembentukan dingin mengakibatkan perubahan properti, biasanya proses pembentukan dingin meningkatkan titik leleh. Perubahan properti material selama proses pembentukan dingin tergantung pada banyak faktor, antara lain : kandungan bahan kimia dalam baja, jumlah pengerjaan dingin selama proses pengerjaan, tipe pengerjaan dingin (ditarik atau ditekan), properti material awal, dan lain-lain.

Beberapa profil bentukan dingin ditunjukkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Elemen-elemen bentukan dingin (Tall, 1974)

3.2 Kolom Tersusun

Kolom merupakan batang desak karena beban yang bekerja adalah aksial desak sepanjang sumbu bahan. Kolom merupakan elemen struktur yang harus direncanakan dan dihitung secara cermat mengenai kekuatan terhadap beban yang bekerja karena elemen struktur ini berhubungan erat dengan kestabilan bangunan.

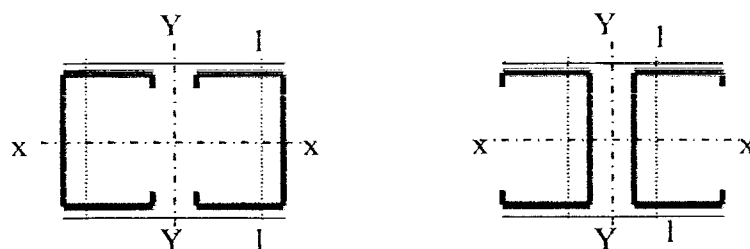
Profil tersusun dari profil-profil yang kecil, tipis dan ringan, tetapi dapat menghasilkan I yang besar. Pada komponen struktur tersusun yang terdiri dari beberapa elemen yang dihubungkan pada tempat-tempat tertentu, kekuatannya harus dihitung terhadap sumbu bahan dan sumbu bebas bahan. Sumbu bahan adalah sumbu yang memotong semua elemen komponen struktur itu; sedangkan, sumbu bebas bahan adalah sumbu yang sama sekali tidak, atau hanya memotong sebagian dari elemen komponen struktur itu (lihat Gambar 3.2), dimana:

x-x adalah sumbu bahan,

y-y adalah sumbu bebas bahan,

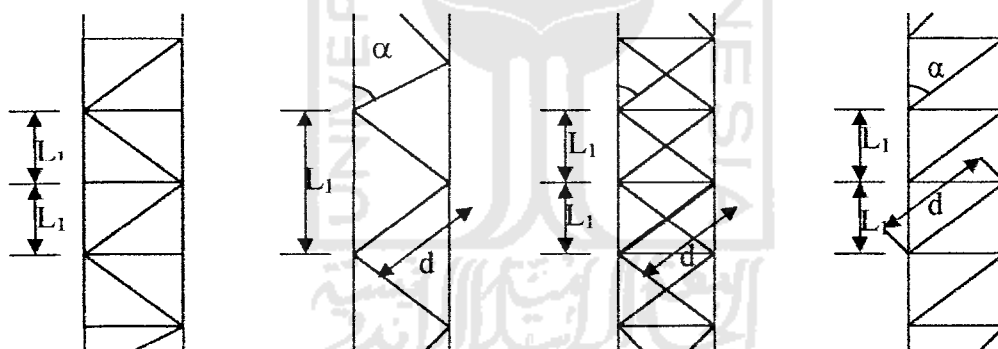
l-l adalah sumbu minimum dari elemen komponen struktur, dan

— adalah pelat kopel.



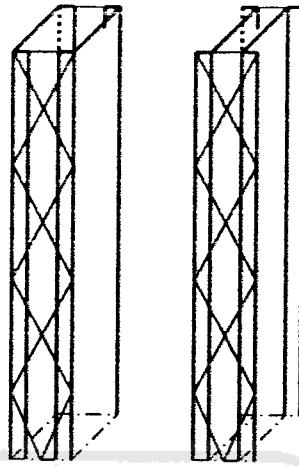
Gambar 3.2 Penampang profil tersusun dengan profil *Lips Channel*

Fungsi perangkai ialah untuk menahan gaya lintang yang timbul sepanjang kolom, sehingga batang tersusun dapat membentuk satu kesatuan dalam hal mendukung beban. Susunan batang-batang perangkai seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Bentuk susunan batang perangkai

Dalam penelitian ini bentuk perangkai yang digunakan adalah silang ganda, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Kolom tersusun dari profil *Lips Channel* dengan perangkai silang ganda

Gambar 3.4 menunjukkan profil bentukan dingin yang tersusun dari dua profil *Lips Channel* yang disambung pada sisi depannya dengan perangkai dan disatukan dengan alat sambung las pada tempat-tempat tertentu. Kolom tersusun dibebani dengan beban aksial sentris (P) pada kedua ujungnya.

3.3 Kuat Tekan

Kekuatan tekan kolom langsing dibatasi oleh masalah instabilitas yang dapat terjadi dalam bentuk tekuk lokal maupun tekuk menyeluruh. Dalam menahan gaya tekan dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain: sifat bahan (meliputi tegangan leleh, tegangan residu, modulus elastisitas, dan lain-lain), geometri penampang (luas tampang, inersia tampang, bentuk tampang, rasio b/t , dan lain-lain), dan kelangsingan. Faktor yang dibahas dalam penelitian ini adalah faktor geometri penampang yang diwakili dengan rasio b/t dan faktor

kelangsingan yang diwakili dengan rasio L/r . Rasio b/t berpengaruh pada kekuatan struktur kolom terhadap tekuk keseluruhan.

3.3.1 Tekuk lokal

Menurut Tali (1974), tekuk lokal adalah tekuk yang terjadi pada salah satu elemen penyusun tampang suatu struktur. Elemen kolom tersusun memiliki rasio b/t besar, sehingga memungkinkan terjadinya tekuk lokal. Tekuk lokal menyebabkan elemen yang tertekuk tidak dapat lagi menanggung penambahan beban, dengan kata lain efisiensi penampang berkurang. Keruntuhan akibat tekuk lokal ini terjadi pada batang yang langsing dimana tegangan kritis (F_{cr}) yang dimiliki oleh pelat jauh dibawah tegangan lelehnya (F_y).

Salmon dan Johnson (1990), mengemukakan tegangan tekuk elastik teoritik untuk pelat dinyatakan sebagai:

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)(b/t)^2} \quad (3.1)$$

Dengan: F_{cr} = tegangan kritis (MPa),

k = koefisien tekuk,

E = modulus elastis baja ($2 \cdot 10^5$ MPa),

μ = angka poisson dan

b/t = rasio lebar terhadap tebal.

Dari persamaan (3.1) tampak, bahwa nilai F_{cr} dipengaruhi oleh koefisien tekuk (k) dan rasio lebar terhadap tebal (b/t). Semakin besar rasio b/t maka semakin kecil kekuatan pelat. Semakin besar nilai k maka semakin besar kekuatan pelat, sehingga menyebabkan tekuk lokal baik pada sayap maupun badan. Kerusakan

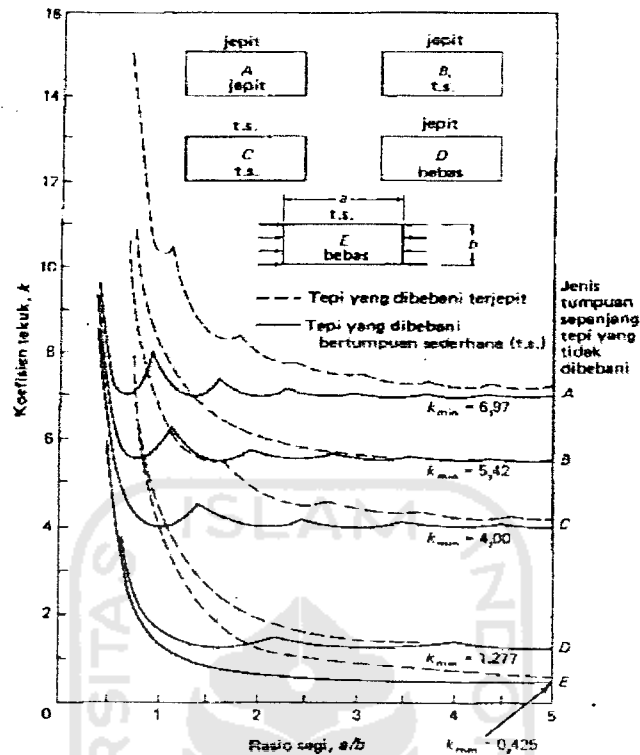
akibat tekuk dapat dicegah dengan cara memperkecil rasio lebar terhadap tebal (b/t) dan meningkatkan koefisien tekuk (k).

Sifat kekompakan suatu penampang dapat diketahui dengan menggunakan tegangan kritis (F_{cr}) pelat. Penampang dinamakan kompak apabila tegangan kritis F_{cr} lebih dari tegangan bahan F_y . Apabila penampang yang memiliki F_{cr} kurang dari F_y tetapi masih lebih dari F_y dikurangi tegangan residu bahan F_r , maka penampang tersebut dinamakan setengah kompak. Apabila penampang yang memiliki F_{cr} kurang dari F_y dikurangi tegangan residu bahan F_r , maka penampang tersebut dinamakan tidak kompak.

Secara umum elemen-elemen tekan pelat dapat dibedakan atas dua kategori, yaitu:

1. elemen yang diperkuat, yaitu: elemen yang bertumpu pada dua tepi yang sejajar arah tegangan tekan,
2. elemen yang tidak diperkuat, yaitu: elemen yang bertumpu pada satu tepi dan bebas ditepi lainnya yang sejajar arah tegangan tekan.

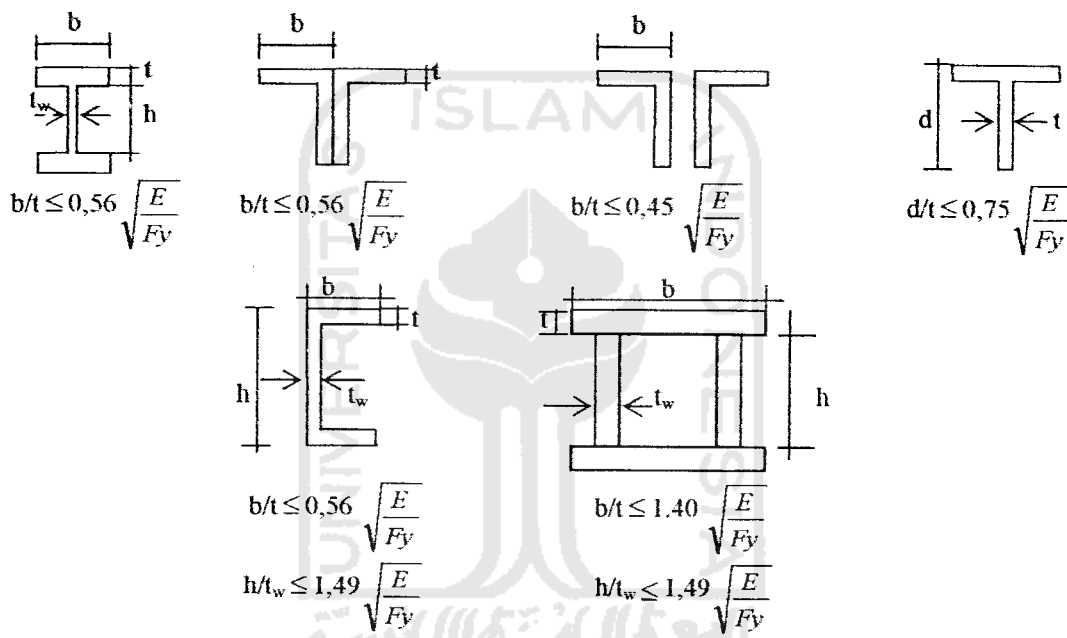
Menurut Gerard dan Becker yang dikemukakan oleh Salmon dan Johnson (1994), koefisien tekuk (k) merupakan konstanta yang tergantung pada jenis tegangan (tekanan merata pada dua tepi berlawanan) dan kondisi tumpuan tepi (tumpuan sederhana pada keempat tepi), serta rasio panjang dengan lebar (rasio segi, a/b). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Koefisien tekuk elastis untuk tekanan pada pelat segi empat datar (Salmon dan Johnson, 1994)

Gambar 3.5 memperlihatkan variasi koefisien tekuk k terhadap rasio a/b untuk kondisi tepi yang berbeda-beda, yaitu beberapa kombinasi jepit, tumpuan sederhana dan bebas. Nilai koefisien tekuk terbesar terjadi pada kondisi tumpuan berupa tumpuan jepit-jepit seperti pada grafik A dengan nilai $k=6,97$, nilai koefisien tekuk pada kondisi tumpuan berupa tumpuan jepit-tumpuan sederhana seperti pada grafik B dengan nilai $k=5,42$. Pelat dengan tumpuan sederhana yang ditekan secara merata tepi longitudinal seperti pada grafik C memiliki koefisien tekuk minimum sebesar 4. Kondisi ini terjadi pada rasio a/b merupakan kelipatan bulat (bukan pecahan). Nilai k menjadi lebih datar dan mendekati nilai konstan 4 untuk rasio a/b yang besar. Nilai koefisien tekuk pada kondisi tumpuan berupa

tumpuan jepit-bebas seperti pada grafik D dengan nilai $k = 1,277$, sedangkan nilai koefisien tekuk terkecil terjadi pada kombinasi tumpuan sederhana dan bebas seperti pada grafik E dengan nilai $k=0,425$. Tetapi ada perbedaan antara nilai k teoritis dengan nilai k hasil penelitian seperti yang dikemukakan Barker dan Pucket (1997). Sebagai contoh nilai k pada sayap adalah 0,425 tetapi pada penelitian nilai k adalah 0,56.



Gambar 3.6 Rasio tebal terhadap tebal berbagai penampang profil
(Barker dan Pucket dalam Kristiawan dan Hadiono, 2003)

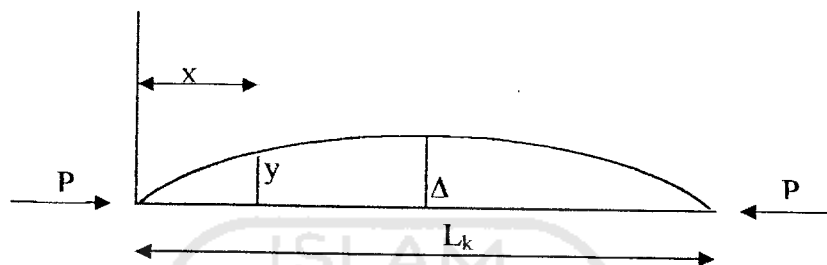
Gambar 3.6 menunjukkan adanya perbedaan nilai k pada masing masing profil.

3.3.2 Tekuk keseluruhan

Menurut persamaan Euler yang dikemukakan oleh Tall (1974), beban kritis kolom diturunkan dari persamaan pelenturan sebuah batang lurus yang

semua seratnya tetap elastis hingga tekuk terjadi, batang tersebut memiliki dukungan sederhana pada ujung-ujungnya dan diberi gaya aksial tekan sentris.

Persamaan garis elastis untuk kolom yang ujungnya sendi-sendi ditunjukkan dengan persamaan (3.2)



Gambar 3.7 Batang lurus dibebani gaya tekan aksial

Disuatu titik sejarak x , momen lentur M_x (terhadap sumbu x) pada batang yang sedikit melengkung adalah

$$M_x = P \cdot y \quad (3.2)$$

Dan karena

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{P_{cr}}{EI} y \quad (3.3)$$

Persamaan differensialnya menjadi

$$\frac{d^2 y}{dz^2} + \frac{P_{cr}}{EI} y = 0 \quad (3.4)$$

dengan E = modulus elastis, I = inersia, P = gaya aksial, y = pelenturan,

bila diasumsikan $k^2 = P_{cr} / EI$ (3.5)

substitusi k^2 kedalam persamaan (3.4) maka akan diperoleh:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + k^2 y = 0 \quad (3.6)$$

penyelesaian persamaan diferensial linear berordo dua ini dapat dinyatakan sebagai :

$$y = A \sin kx + B \cos kx \quad (3.7)$$

dengan menerapkan syarat batas:

- a. untuk $x = 0$, nilai $y = 0$, maka $0 = A, 0+B$, diperoleh $B = 0$ dan
- b. untuk $x = L$, nilai $y = 0$, diperoleh: $0 = A \sin (k.L_k)$.

Untuk $A \cdot \sin (k.L_k) = 0$, dapat dipenuhi oleh tiga keadaan: (a) konstanta $A=0$, yaitu tidak ada lendutan, (b) $kL=0$, yaitu tidak ada beban luar dan (c) $k.L_k=N\pi$, yakni syarat terjadinya tekuk.

substitusi nilai $k = (N \cdot \pi)/L_k$ ke persamaan (3.5), maka:

$$P_{cr} = \frac{N^2 \pi^2 \cdot E \cdot I}{L_k^2} \quad (3.8)$$

Menurut Tall (1974), beban kritis adalah beban terkecil yang mampu mengakibatkan kolom tersebut dalam kondisi kritis. Kondisi dapat terjadi bila defleksi merupakan lendutan berkelengkungan tunggal (*single curvature*), sehingga nilai $N=1$. Dengan demikian, beban kritis Euler untuk kolom yang berujung sendi-sendi adalah:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_k^2} \quad (3.9)$$

dengan L_k = panjang tekuk.

Bila masing-masing ruas persamaan (3.9) dibagi dengan luas penampang batang A , maka diperoleh:

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{A L_k^2} \quad (3.10)$$

dengan $I = A.r^2$ atau $r^2 = I/A$, maka

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{(L_k / r)^2} \quad (3.11)$$

dengan r = jari-jari kelembaman,

$$E = \text{Modulus Elastisitas} = 2.10^5 \text{ MPa.}$$

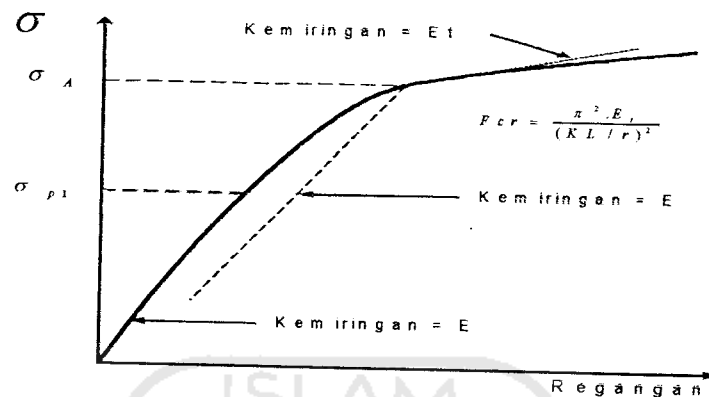
Persamaan (3.10) diatas memperlihatkan dengan jelas kapasitas pikul beban suatu kolom selaiu berbanding terbalik dengan kuadrat panjang tekuk, sebanding dengan modulus elastis material dan momen inersia penampang. Semakin panjang kolom maka semakin kecil beban yang dapat menyebabkan kolom tersebut tertekuk, sebaliknya semakin pendek kolom maka semakin besar beban yang dapat menyebabkan kolom tersebut tertekuk

3.3.3 Tekuk inelastis

Menurut Salmon dan Johnson (1994), pendekatan Euler umumnya tidak digunakan untuk perencanaan karena tidak sesuai dengan hasil percobaan, dalam praktek kolom dengan panjang yang umum tidak sekuat seperti yang dinyatakan oleh persamaan (3.9).

Menurut Salmon dan Johnson (1994), Considere dan Engesser (1889) menemukan bahwa, sebagian dari kolom dengan panjang yang umum menjadi tidak elastis (inelastis) sebelum tekuk terjadi. Pada teori modulus tangen Engesser kolom tetap lurus sampai sesaat sebelum runtuh dan modulus elastisitas pada saat runtuh adalah tangen sudut garis singgung pada kurva tegangan regangan. Diagram tegangan-regangan tekan untuk bahan kolom tersebut ditunjukkan dalam

Gambar 3.8. Limit proporsional untuk bahan ditunjukkan dengan σ_{pl} dan tegangan aktual σ_A di kolom.



Gambar 3.8 Diagram tegangan tekan untuk material kolom
(Gere dan Timoshenko, 2000)

Persamaan Euler dimodifikasi oleh Engesser dengan mengganti harga E (modulus elastisitas) pada persamaan (3.9) dengan harga E_t (modulus tangen). Seperti pada persamaan (3.12).

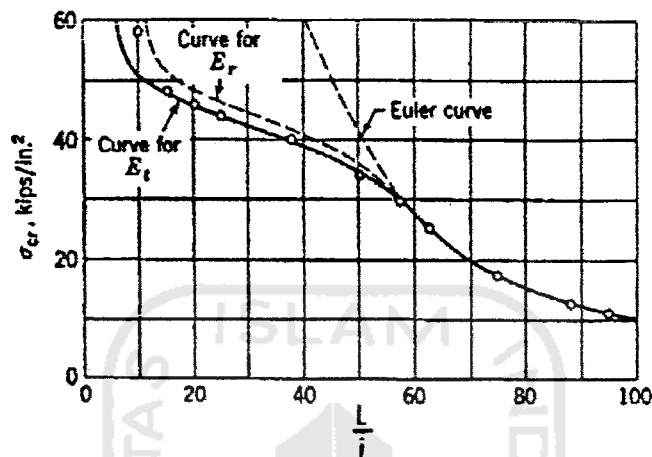
$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E_t I}{L^2} \quad (3.12)$$

Beban ini menyatakan beban kritis untuk kolom menurut teori modulus tangen, maka tegangan kritis modulus tangen adalah

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 E_t}{(KL/r)^2} \quad (3.13)$$

Pada tahun 1895, Engesser merubah teorinya dengan alasan, bahwa selama melentur sejumlah serat mengalami kenaikan regangan (yang memperkecil modulus tangen), sehingga harga modulus yang berlainan harus digunakan. Pada Gambar 3.9 menunjukkan perbandingan diagram tegangan kritis kolom F_{cr}

terhadap rasio kelangsingan, dengan menggunakan rumus euler dan teori modulus tangen.



Gambar 3.9 Diagram tegangan kritis terhadap rasio kelangsingan
(Gere dan Timoshenko, 2000)

Menurut Shanley (1946) yang dikemukakan oleh Salmon dan Johnson (1990) menyatakan, bahwa pada hakekatnya kolom masih mampu memikul beban aksial yang lebih besar walaupun telah melentur, tetapi kolom mulai melentur pada saat mencapai beban yang disebut *beban tekuk*.

3.3.4 Hubungan antara tekuk lokal dan tekuk keseluruhan

Tekuk lokal dan tekuk keseluruhan dapat terjadi secara bersamaan apabila tegangan kritis pelat sama dengan tegangan kritis kolom keseluruhan, seperti pada persamaan (3.14).

$$F_{cr \text{ pelat}} = F_{cr \text{ keseluruhan}} \quad (3.14)$$

Dengan memasukkan persamaan (3.11) ke dalam persamaan (3.14), maka

$$F_{cr\text{ pelat}} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad (3.15)$$

sehingga

$$(KL/r) = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{F_{cr\text{ pelat}}}} \quad (3.16)$$

dengan memasukkan persamaan (3.1) kedalam persamaan (3.16), maka

$$(KL/r) = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)(b/t)^2}}} \quad (3.17)$$

$$KL/r = (b/t) \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{k}} \quad (3.18)$$

Dengan μ baja 0,3, sehingga

$$KL/r = \frac{3,3045(b/t)}{\sqrt{k}} \quad (3.19)$$

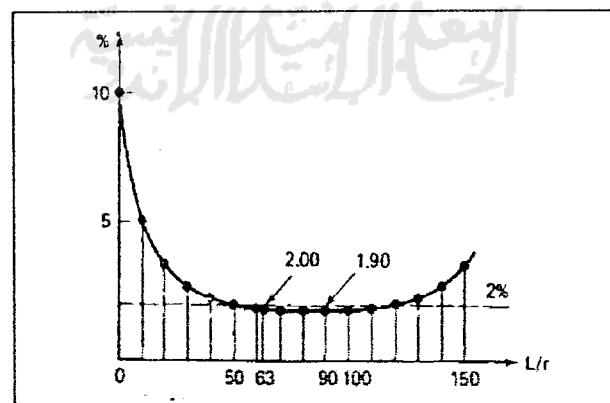
Dari persamaan (3.14) sampai persamaan (3.19) dapat diambil kesimpulan bahwa pada profil baja yang sama apabila semakin panjang batang tersebut, maka KL/r akan semakin besar, sehingga $F_{cr\text{ keseluruhan}}$ akan semakin kecil bahkan bisa lebih kecil dari $F_{cr\text{ pelat}}$, sehingga keruntuhan kolom diakibatkan oleh tekuk keseluruhan kolom. Sebaliknya, pada profil baja yang sama apabila semakin pendek batang tersebut, maka KL/r akan semakin kecil, sehingga $F_{cr\text{ keseluruhan}}$ akan semakin besar bahkan bisa lebih besar dari $F_{cr\text{ pelat}}$. Dengan demikian apabila $F_{cr\text{ pelat}}$ lebih kecil dari $F_{cr\text{ keseluruhan}}$, maka dapat disimpulkan, bahwa keruntuhan kolom diakibatkan oleh tekuk lokal kolom.

3.4 Pengaruh Gaya Lintang Terhadap Beban Kritis Kolom Tersusun

Bila batang mengalami lentur akibat gaya tekan aksial, maka pada batang tersebut bekerja komponen gaya yang arahnya tegak lurus terhadap sumbu batang, komponen gaya ini disebut gaya lintang.

Penyambungan antara batang-batang tersusun dengan memakai batang ikat/diagonal bermanfaat agar semua komponen bekerja sebagai satu kesatuan. Komponen geser dari beban aksial timbul ketika batang tekan melentur. Besarnya pengaruh geser terhadap pengurangan kekuatan kolom sebanding dengan besarnya deformasi yang ditimbulkan oleh gaya geser.

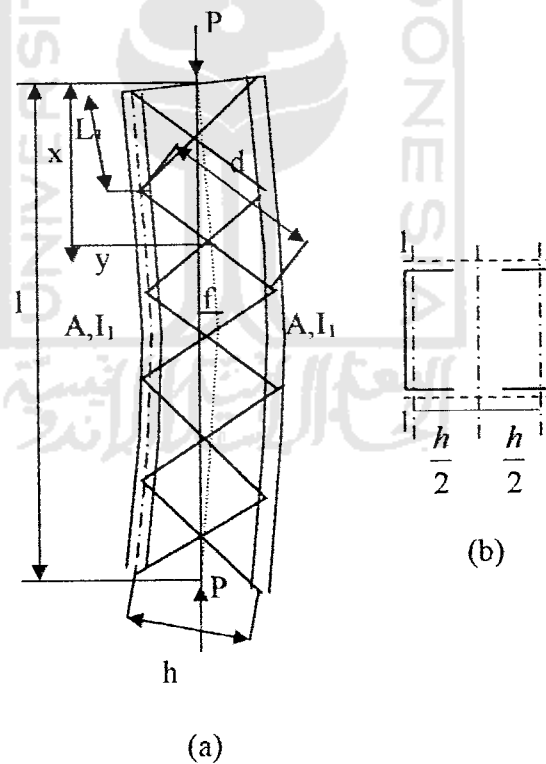
Besarnya gaya geser yang terjadi pada kolom yang disyaratkan oleh AASHTO yang dikemukakan oleh Trahair dan Bradford (1977) adalah sebesar 2 % dari gaya aksial yang diterima oleh kolom, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Gaya geser ideal (AASHTO,1973)

Gambar 3.10 memperlihatkan pada $L/r = 90$, pengaruh gaya geser mempunyai harga minimum yaitu sebesar 1,9 %. Namun dalam praktek sering digunakan pendekatan pengaruh gaya geser sebesar 2 %, sehingga diasumsikan $V = 0,02.P$.

Bila pada satu panel ada dua batang diagonal, maka sebagai akibat pengaruh gaya lintang satu batang diagonal berfungsi sebagai tarik, sedangkan batang diagonal lain berfungsi sebagai batang tekan. Untuk keadaan ini, batang transversal dianggap tidak menahan gaya lintang.



Gambar 3.11 Kolom tersusun yang dibebani gaya aksial
(Bleich, 1952)

Bleich (1952) mengemukakan, bahwa dengan memasukkan pengaruh geser, maka beban kritis kolom akan menjadi:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E_t I}{l^2} \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E_t I_0}{l^2} \frac{1}{E L_1 h^2} \frac{d}{2 A_d}} \quad (3.20)$$

dengan $I = I_0 + 2I_1$

dengan :

$$k = \sqrt{1 + \frac{\pi^2 E_t I_0}{l^2} \frac{1}{E L_1 h^2} \frac{d}{2 A_d}} \quad (3.21)$$

dengan : E_t = modulus elastis kolom,

l = panjang kolom,

L_1 = panjang elemen batang yang dibatasi oleh ujung-ujung batang penghubung,

$I_0 = Ah^2/2$, I_1 adalah momen inersia sumbu $I-I$ (lihat Gambar 3.11.b),

d = panjang batang diagonal,

h = jarak antara dua garis pusat profil tunggal dan

A_d = luas penampang satu batang diagonal.

Dari persamaan (3.21) dapat kita lihat, bahwa semakin besar luas penampang batang diagonal (A_d) maka nilai k akan semakin kecil. Semakin panjang batang perangkai diagonal (d) maka nilai k akan semakin besar dan P_{cr} akan semakin kecil. Semakin panjang elemen batang yang dibatasi oleh ujung-ujung batang penghubung (h) maka nilai k akan semakin kecil dan P_{cr} akan semakin besar dan tegangan kritis (F_{cr}) akan membesar.

3.5 Hubungan Momen Dan Kelengkungan

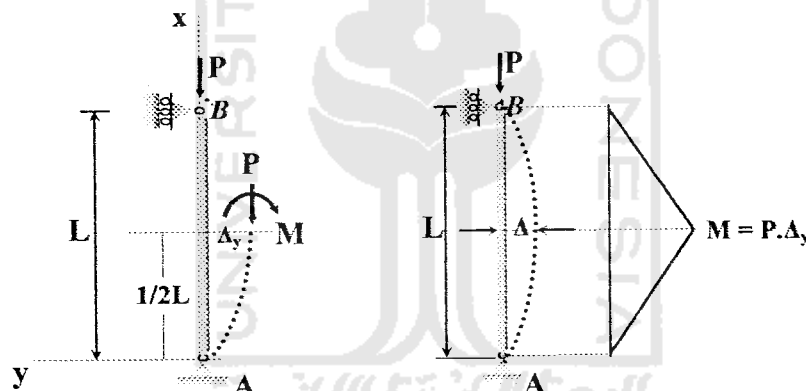
Faktor kekakuan (EI) didefinisikan sebagai rasio momen dan kelengkungan (Bruneau dkk, 1978), yang dinyatakan dengan persamaan (3.22).

$$EI = \frac{M}{\phi} \quad (3.22)$$

Persamaan (3.22) menunjukkan bahwa faktor kekakuan berbanding terbalik dengan kelengkungan, sehingga semakin besar kelengkungan maka kekakuan suatu struktur semakin kecil.

Struktur yang diberi beban transversal P seperti pada Gambar 3.12 akan mengakibatkan terjadinya momen sebesar:

$$M = P \cdot \Delta_y \quad (3.23)$$



Gambar 3.12 Momen yang terjadi pada kolom tersusun dengan tumpuan pada kedua ujung sendi

Pemberian beban aksial (P) dari struktur akan didapatkan perpindahan yang diukur pada tiga titik distrik yang berurutan dengan jarak yang sama (Δ_x), dimana tiga titik distrik tersebut diberi notasi y_{i+1} , y_i dan y_{i-1} seperti terlihat pada Gambar 3.13.

Selanjutnya dari persamaan (3.27) didapatkan

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_i + y_{i-2}}{(2\Delta_x)^2} \quad (3.28)$$

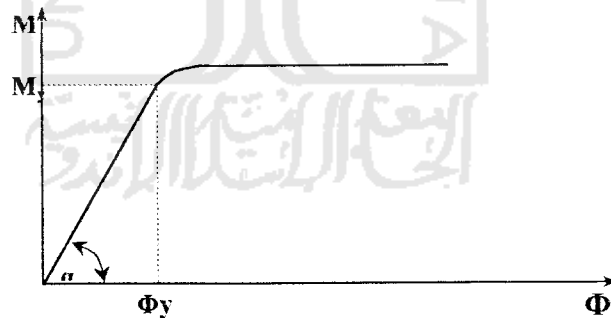
kemudian pada persamaan disederhanakan, menjadi

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{(\Delta_x)^2}$$

dengan nilai $\frac{d^2 y}{dx^2} = \phi = \frac{M}{EI}$ (3.29)

dari persamaan (3.29) dapat dicari faktor kekakuan EI setelah momen (M) dan kelengkungan (ϕ) diketahui.

Grafik hubungan momen dan kelengkungan ditunjukkan pada Gambar 3.14 berikut.

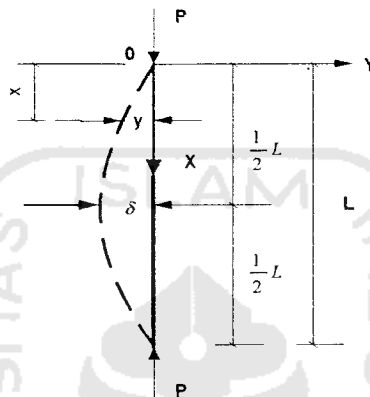


Gambar 3.14 Grafik hubungan Momen (P) – Kelengkungan (Φ)

Gambar 3.14 menunjukkan hubungan antara momen-kelengkungan. Tampak bahwa pada grafik hubungan momen kelengkungan akan membentuk sudut (α), dimana

$$tg\alpha = \frac{M}{\phi} \quad (3.30)$$

3.6 Beban Dan Deformasi



Gambar 3.15 Garis pusat kolom dalam keadaan setimbang
(Singger dan Pytel, 1985)

Gambar 3.15 memperlihatkan garis pusat kolom dalam keadaan setimbang akibat kerja beban kritis P . Kolom dianggap mempunyai ujung berengsel (kadang kala disebut bulat, pivot, atau peniti) dijepit melawan gerakan lateral. Lendutan maksimal (δ) sangat kecil sehingga tidak ada perbedaan berarti antara panjang asli kolom dan proyeksinya pada bidang tegak (Singger dan Pytel, 1985).

Dengan kondisi kemiringan dy/dx sangat kecil sehingga kita bisa mempergunakan pendekatan persamaan diferensial kurva elastis batang, yaitu

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = M = P \cdot (-y) = -P \cdot y \quad (3.31)$$

Persamaan (3.31) tidak dapat diintegrasikan langsung, seperti yang dilakukan pada persamaan kurva elastis balok, karena di sini M bukanlah fungsi x . Untuk dapat menyelesaikan persamaan (3.31), persamaan di atas kita tulis kembali dalam bentuk,

$$EI \frac{d}{dx} \left(\frac{dy}{dx} \right) = -P \cdot y \quad (3.32)$$

setelah mengalikannya dengan $2dy$ kita memperoleh diferensial sempurna, dengan integrasi,

$$EI \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 = -P \cdot y^2 + C_1 \quad (3.33)$$

Karena menurut Gambar 3.15, $y = \delta$ bila $dy/dx = 0$, maka substitusi harga itu ke Persamaan (3.33), maka menghasilkan $C_1 = P \cdot \delta^2$, dan Persamaan (3.33) menjadi,

$$EI \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 = P \cdot (\delta^2 - y^2) \quad (3.34)$$

atau dapat ditulis,

$$\frac{dy}{dx} = \sqrt{\frac{P}{EI}} \cdot \sqrt{(\delta^2 - y^2)} \quad (3.35)$$

pisahkan variabelnya, maka didapat

$$\frac{dy}{\sqrt{\delta^2 - y^2}} = \sqrt{\frac{P}{EI}} \cdot dx \quad (3.36)$$

bila persamaan di atas diintegrasikan, menghasilkan

$$\sin^{-1} \frac{y}{\delta} = x \sqrt{\frac{P}{EI}} + C_2 \quad (3.37)$$

untuk mengevaluasi C_2 kita gunakan hubungan $y = 0$ pada $x = 0$, oleh karena itu $C_2 = 0$, jadi

$$\sin^{-1} \frac{y}{\delta} = x \sqrt{\frac{P}{EI}} \quad (3.38)$$

atau

$$y = \delta \cdot \sin \left(x \sqrt{\frac{P}{EI}} \right) \quad (3.39)$$

Dari Persamaan (3.39) tampak bahwa kolom mempunyai bentuk deformasi kurva sinus. Hal ini sesuai dengan anggapan bahwa ujung-ujung kolom tidak mengalami deformasi, sehingga nilai lendutan diujung-ujung kolom sama dengan nol ($y = 0$).

3.7 Tegangan Kritis Berdasarkan AISC

AISC mengemukakan hitungan tegangan kritis yang mempertimbangkan tekuk lokal. Pengaruh tekuk lokal yang terjadi sebelum kekuatan kolom keseluruhan tercapai diperhitungkan dengan mengalikan tegangan maksimum yang dapat dicapai dengan faktor bentuk Q . Faktor bentuk Q dipengaruhi oleh bentuk penampang, dimana

$$Q = Q_a \cdot Q_s \quad (3.40)$$

Faktor bentuk untuk elemen penampang yang tidak diperkuat adalah Q_s . Faktor bentuk Q_s diperhitungkan apabila,

$$\left(\frac{b}{t} \right) > \left(\frac{76}{\sqrt{F_y}} \right) \quad (3.41)$$

Besar Q_s menurut AISC adalah,

$$Q_s = 1,340 - 0,00447 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{F_y} \quad (3.42)$$

Apabila semua elemen penampang diperkuat maka nilai $Q_s = 1,0$.

Faktor bentuk untuk elemen penampang yang diperkuat adalah Q_a .

Faktor bentuk Q_a diperhitungkan apabila,

$$\left(\frac{b}{t} \right) > \left(\frac{238}{\sqrt{F_y}} \right) \quad (3.43)$$

Besar Q_a menurut AISC adalah,

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_{bruto}} \quad (3.44)$$

Luas efektif didapatkan dari lebar efektif, besar lebar efektif menurut penelitian AISC yang dilakukan pada baja ringan adalah,

$$\frac{b_E}{t} = \frac{253}{\sqrt{f}} \left(1 - \frac{50,3}{(b/t)\sqrt{f}} \right) \quad (3.45)$$

dengan f adalah tegangan yang bekerja pada elemen.

Besar tegangan kritis menurut AISC dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan tegangan kritis kolom seperti pada persamaan dibawah ini.

$$F_{cr} = QF_y \left[1 - \frac{QF_y}{4\pi^2 E} \left(\frac{KL}{r} \right)^2 \right] \quad (3.46)$$

Apabila

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{QF_y}} \quad (3.47)$$

maka

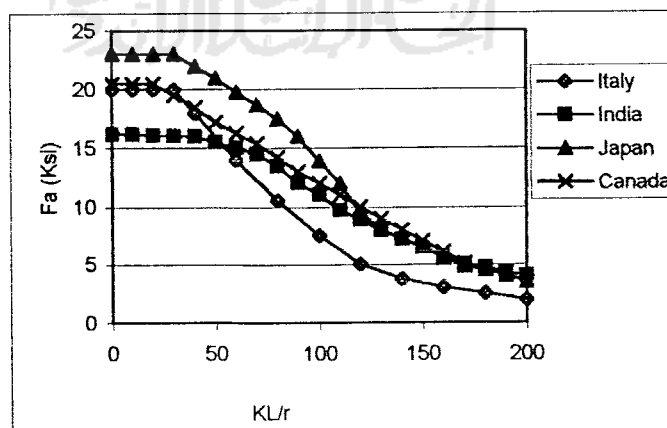
$$F_{cr} = QF_y \left[1 - \frac{KL/r^2}{2C_c^2} \right]$$

(3.48)

Apabila kL/r lebih dari C_c maka tegangan kritis yang terjadi adalah,

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad (3.49)$$

Penelitian tentang hubungan antara tegangan yang terjadi pada kolom dengan kelangsingan (KL/r) yang pernah dilakukan di beberapa negara memiliki bentuk grafik yang hampir sama. Penurunan tegangan kritis relatif kecil pada KL/r kecil (0 s/d ± 40), penurunan tegangan kritis terjadi relatif besar seiring dengan pertambahan KL/r untuk $KL/r = \pm 40$ sampai dengan ± 160 , dan kembali menjadi relatif datar untuk KL/r lebih dari ± 160 . Grafik tersebut terdapat pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Grafik hubungan KL/r dengan F_a beberapa Negara
(Tall,1974)

3.8 Hipotesis

Perbedaan penampang kolom tersusun akan mempengaruhi Inersia kolom tersusun, sehingga akan turut mempengaruhi kuat tekan dan tegangan kritis kolom tersusun. Dengan membandingkan P_{cr} profil *Lips Chamal* bentukan dingin yang disusun saling berhadapan (*front to front*) dan saling membelakangi (*back to back*) dapat diketahui bahwa kolom tersusun dengan penampang yang disusun saling berhadapan mempunyai kuat tekan yang lebih besar.

